



中华人民共和国国家标准

GB/T 31290—2014

碳纤维 单丝拉伸性能的测定

Carbon fibre—Determination of the tensile properties of
single-filament specimens

(ISO 11566:1996, MOD)

2014-12-05 发布

2015-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 11566:1996《碳纤维 单丝样品拉伸性能的测定》。

本标准与 ISO 11566:1996 的技术性差异及原因如下：

- 由于复丝、原丝、丝束的定义易引起混淆，第 1 章范围中将复丝、原丝、丝束统称为连续纤维；
- 因为 ISO 291:1977 已经废止，ISO 10618 在标准中未被引用，删除了 ISO 11566:1996 的第 2 章规范性引用文件中的 ISO 291:1977 和 ISO 10618；
- 因为引用了一些纤维增强塑料术语，第 2 章规范性引用文件中增加了 GB/T 3961—2009 纤维增强塑料术语；
- 温湿度对测试结果有影响，结合我国实际气候情况，7.1 中规定了应在温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 $(50 \pm 10)\%$ 的标准环境中进行试验，并增加了非标准环境；
- 因为 GB/T 29762《碳纤维 纤维直径和横截面积的测定》中增加了“扫描电子显微镜法”，7.2 中也增加了“扫描电子显微镜法”；
- 由于单丝拉伸测试结果的离散系数较大，为使测定的系统柔量更为准确，附录 A.1 中每种狭槽长度准备的数目增加为 5 个。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国玻璃纤维标准化技术委员会(SAC/TC 245)归口。

本标准负责起草单位：南京玻璃纤维研究设计院有限公司、广州金发碳纤维新材料发展有限公司、国家玻璃纤维产品质量监督检验中心。

本标准参加起草单位：威海拓展纤维有限公司。

本标准主要起草人：徐琪、王玉梅、陈尚、师卓、许敏、黄英、方允伟、马丹、郝郑涛。

碳纤维 单丝拉伸性能的测定

1 范围

本标准规定了碳纤维单丝拉伸性能的测试方法。

本方法适用于碳纤维的单根纤维,取自于碳纤维的连续纤维、定长纤维、定长纱、机织物、缝编和针织物。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1040.1—2006 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则(ISO 527—1:1993, IDT)

GB/T 3961—2009 纤维增强塑料术语

GB/T 29761 碳纤维 浸润剂含量的测定(GB/T 29761—2013, ISO 10548:2002, MOD)

GB/T 29762 碳纤维 纤维直径和横截面积的测定(GB/T 29762—2013, ISO 11567:1995, MOD)

3 定义

GB/T 1040.1—2006 和 GB/T 3961—2009 界定的以及下列定义适用于本文件。

3.1

系统柔量 K system compliance

由加载系统和试样夹持系统引起的指示伸长部分。

3.2

试样衬 specimen mounting

用纸、金属或者塑料制成的带有狭槽的薄片,狭槽长度对应于试样的标距。

4 原理

将单丝试样夹持在一合适的试验机上,匀速拉伸至试样破坏,记录载荷——伸长曲线。

根据载荷——伸长曲线和单丝的横截面积计算拉伸强度和拉伸弹性模量。

拉伸弹性模量以两个指定点的应力差除以对应的应变差计算得到,这两个点可以是两个应力水平(方法 A)或者两个应变水平(方法 B)。应变差按系统柔量修正,横截面积单独测定。

应力和应变可能是非线性关系,因此必须定义弦模量。方法 A 和方法 B 由于定义的弦的位置不同,可能给出不同的结果。

5 仪器和材料

5.1 拉伸试验机

十字头恒速位移,配有载荷——伸长记录装置。载荷指示的精度应高于测定值的1%。

记录十字头的位移,用以计算试样的伸长。应使用平板夹面。

5.2 试样衬

由薄的纸片、柔性金属片或塑料片制成的带有狭槽的薄片,狭槽长度为 $25\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$,如图 1 所示。

薄片应尽可能薄,以减少夹具中试样偏轴,推荐的厚度是 0.1 mm 。

单位为毫米

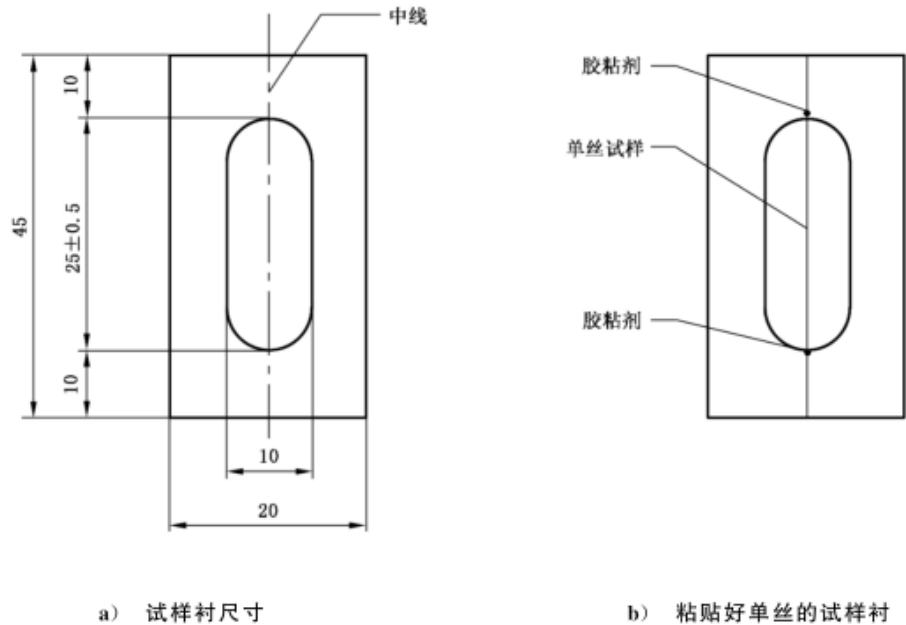


图 1 用于粘单纤维丝试样的试样衬

5.3 胶粘剂

任何能将单丝牢固粘在试样衬上的环氧树脂、松香或者封蜡。

5.4 胶带

能将单丝暂时固定在试样衬上(无特殊要求)。

6 试样

从每个单位产品中制备至少 20 个试样,使能够得到 20 个有效的测试结果。

去除所有的浸润剂/上浆剂,有助于单丝的分散,便于试样制备。去除浸润剂/上浆剂的方法按 GB/T 29761 中的规定。

7 操作

7.1 试验环境

应在温度为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, 相对湿度为 $(50 \pm 10)\%$ 的标准环境中进行试验。在其他环境中进行试验,

应在试验报告中注明温度和湿度。

7.2 横截面积的测定

7.2.1 按 GB/T 29762 规定的方法独立测量单丝的横截面积(通过单丝的根数,纱线的密度和线密度计算;用光学显微镜或扫描电子显微镜测定纤维直径计算横截面积;用显微镜测定横向切割的纤维直径和横截面积;用激光衍射测定纤维直径计算横截面积)。

当使用光学显微镜法或激光衍射法时,试样可以同时用于横截面积和拉伸性能的测试。

7.2.2 若纤维束或丝束的横截面积的差异很大,如认为有必要,则测试拉伸性能前先测量该试样的横截面积。这种情况下,按 GB/T 29762 规定的光学显微镜法或激光衍射法准备试样并测试试样的横截面积。

在测试横截面积时,应避免单丝损伤。

7.3 拉伸测试

7.3.1 系统柔量

系统柔量 K 是由于加载系统和试样夹持系统所引起的指示伸长的修正系数(见 3.1),以得到标距长度内试样的真实伸长。系统柔量的测试方法见附录 A。

对拉伸试验机、夹持系统和试样衬的每个组合测定其系统柔量。从指示伸长中减去柔量即得到标距长度内试样的真实伸长[见 8.2,式(2)和式(3)]。定期核查系统柔量。

7.3.2 试验步骤

7.3.2.1 将单丝放在试样衬(5.2)狭槽的中间,暂时用胶带(5.4)将试样的一端与试样衬粘在一起,轻轻地沿着狭槽的长度方向拉直试样,用胶带将试样的另一端固定在试样衬的另一端。

7.3.2.2 在试样衬狭槽每一端的试样上滴一滴胶粘剂(5.3),使试样与试样衬牢固地结合在一起。

7.3.2.3 设定拉伸试验机(5.1)十字头移动速度,范围为 1 mm/min~5 mm/min。

7.3.2.4 夹紧试样衬时,应使试样与加载轴线同轴。

7.3.2.5 加载前,剪断或烧断试样衬的两侧。如采用烧断的方法,应避免试样接触到火焰。由于单丝非常脆,在这过程中试样偶尔会断裂。

7.3.2.6 启动试验机加载至试样破坏,记录载荷—伸长曲线。

7.3.2.7 若试样在夹具中破坏,则舍弃该试样,重新测试。

8 结果表示

8.1 拉伸强度

按式(1)计算每根单丝的拉伸强度 σ_f ,单位为兆帕斯卡(MPa)。

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F_f ——最大拉伸载荷,单位为牛顿(N);

A_f ——单丝的横截面积(见 7.2),单位为平方毫米(mm²)。

8.2 拉伸弹性模量

8.2.1 方法 A(见图 2)

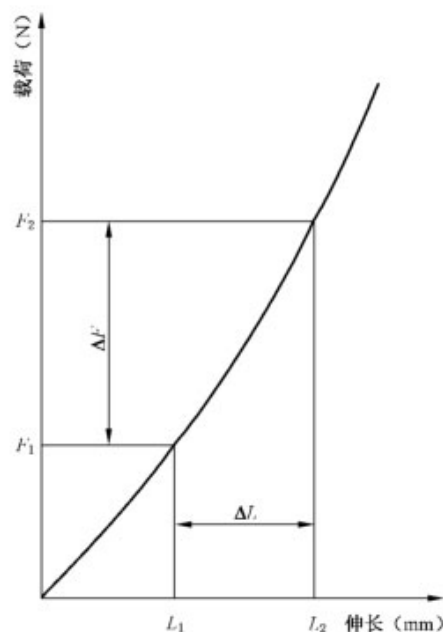


图 2 拉伸试验载荷——伸长曲线

按式(2)计算拉伸弹性模量 $E_{f,A}$, 单位为吉帕斯卡(GPa)。

$$E_{f,A} = \frac{\left(\frac{\Delta F_A}{A_f}\right) \left(\frac{L}{\Delta L_A}\right)}{1 - K \left(\frac{\Delta F_A}{\Delta L_A}\right)} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

ΔF_A ——在 400 mN/tex 至 800 mN/tex 两点的载荷增量, 单位为牛顿(N);

A_f ——单丝的横截面积(见 7.2), 单位为平方毫米(mm²);

L ——试样的标距长度, 单位为毫米(mm);

ΔL_A ——对应于 400 mN/tex 和 800 mN/tex 两点的伸长增量, 单位为毫米(mm);

K ——系统柔量, 单位为毫米每牛顿(mm/N), 计算方法见附录 A。

8.2.2 方法 B(见图 2)

按式(3)计算拉伸弹性模量 $E_{f,B}$, 单位为吉帕斯卡(GPa)。

$$E_{f,B} = \frac{\left(\frac{\Delta F_B}{A_f}\right) \left(\frac{L}{\Delta L_B}\right)}{1 - K \left(\frac{\Delta F_B}{\Delta L_B}\right)} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ΔF_B ——对应于表 1 中标称断裂应变给出的应变范围内的载荷增量, 单位为牛顿(N);

A_f ——单丝的横截面积(见 7.2), 单位为平方毫米(mm²);

L ——试样的标距长度, 单位为毫米(mm);

ΔL_B ——按表 1 中标称断裂应变给出的应变范围内的伸长增量, 单位为毫米(mm);

K ——系统柔量,单位为毫米每牛顿(mm/N)。

表 1 应变范围的选择

单位为%

标称断裂应变 ϵ	应变范围
$1.2 \leq \epsilon$	0.1~0.6
$0.6 \leq \epsilon < 1.2$	0.1~0.3
$0.3 \leq \epsilon < 0.6$	0.05~0.15
注: 标称断裂应变(最大载荷时的伸长率)可由碳纤维的商业代号中的标称拉伸强度和标称拉伸弹性模量值来计算。	

9 精密度

由于没有实验室间的比对数据,该试验方法的精密度未知。在取得这些数据后,在下一版本中追加精密度这部分。

10 试验报告

试验报告应包括以下内容:

- 采用本标准;
- 识别所测样品的必要详情;
- 单丝的横截面积及测定方法;
- 所用的胶粘剂;
- 拉伸试验时十字头的移动速度;
- 系统柔量 K ;
- 试样数量,包括舍弃的试样数;
- 拉伸强度和拉伸弹性模量的单值和平均值;
- 计算拉伸弹性模量的方法,即方法 A 或方法 B;
- 试验日期;
- 试验环境条件;
- 可能影响结果的任何偏离。

附录 A
(规范性附录)
系统柔量的测定

A.1 试样

准备不同狭槽长度的试样衬,以制备不同标距长度的试样,这些试样衬应由相同材料制成。狭槽的长度分别是 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm 和 40 mm。每种狭槽长度至少准备 5 个,且狭槽长度的偏差应小于 ± 0.5 mm。

A.2 测试

小心将单丝粘贴到试样衬上,应确保试样的标距长度偏差小于 ± 0.5 mm,按 7.3.2 测定每个试样的载荷——伸长曲线。

A.3 数据分析

按以下步骤分析载荷——伸长曲线:

- a) 从载荷——伸长曲线上读出 ΔF 和 ΔL (见图 2);
- b) 按图 A.1 所示,以 $\Delta L/\Delta F$ 为纵坐标,试样的标距长度 L 为横坐标,绘制 $(\Delta L/\Delta F)$ —— L 曲线;
- c) 系统柔量 K 是将直线外延至标距长度为零时的纵坐标值(即纵坐标轴上的截距),单位为毫米每牛顿(mm/N)。

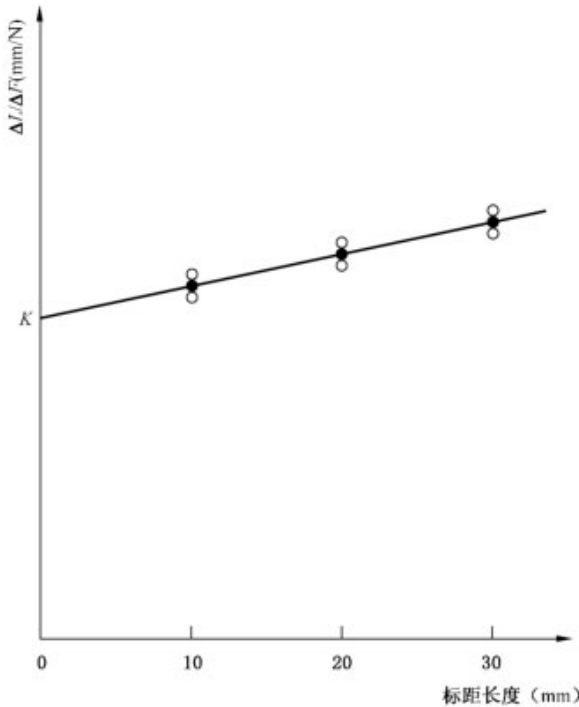


图 A.1 系统柔量 K 的测定

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
碳纤维 单丝拉伸性能的测定

GB/T 31290—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.gb168.cn

服务热线: 400-168-0010

010-68522006

2014年12月第一版

*

书号: 155066 • 1-50474

版权专有 侵权必究



GB/T 31290-2014